

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-302096

(43)Date of publication of application : 02.11.1999

(51)Int.Cl.

C30B 15/36
C30B 15/00

(21)Application number : 10-364420

(71)Applicant : KOMATSU ELECTRONIC METALS CO LTD

(22)Date of filing : 22.12.1998

(72)Inventor : KUROSAKA SHOEI
TOMIOKA JUNSUKE
KOBAYASHI MASAKAZU
ONOE SHUJI
SADAMATSU TAKESHI

(30)Priority

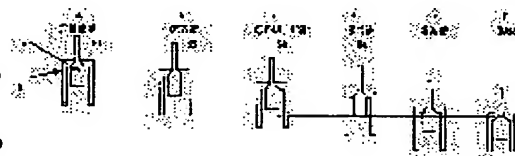
Priority number : 10 51302 Priority date : 18.02.1998 Priority country : JP

(54) SEED CRYSTAL FOR PRODUCING SINGLE CRYSTAL, ITS PRODUCTION, AND PRODUCTION OF SINGLE CRYSTAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a seed crystal which is capable of stopping the propagation of any dislocation by providing a preheating means capable of reducing the temp. difference between the melt and the seed crystal prior to immersion of the seed crystal in a raw material melt, and further to produce a dislocation-free single crystal having good crystal properties.

SOLUTION: This seed crystal has an unmatched part capable of transferring heat of a melt of a molten raw material to the seed crystal body and stopping the propagation of any dislocation due to the thermal stress caused at the time of immersing the seed crystal in the melt and formed in the range of from the front end to a prescribed position of the seed crystal. At the time of immersing this seed crystal in the surface layer of a raw material melt and pulling up the seed crystal to grow a single crystal, this method comprises a stage S2 for bringing the front end of the seed crystal including a preheating means made of a silicon single crystal into contact with the melt surface; stages S3 and S4 for thereafter continuously performing immersion of the seed crystal while gradually lowering the seed crystal, until the melt surface reaches a level above the unmatched part; and a crystal growth stage for thereafter pulling up the seed crystal to grow a single crystal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-302096

(43) 公開日 平成11年(1999)11月2日

(51) Int.Cl.⁸

C 3 0 B 15/36
15/00

識別記号

F I

C 3 0 B 15/36
15/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数48 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平10-364420

(22) 出願日 平成10年(1998)12月22日

(31) 優先権主張番号 特願平10-51302

(32) 優先日 平10(1998)2月18日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000184713

コマツ電子金属株式会社
神奈川県平塚市四之宮2612番地

(72) 発明者 黒坂 昇栄

神奈川県平塚市四之宮2612 コマツ電子金
属株式会社内

(72) 発明者 富岡 純輔

神奈川県平塚市四之宮2612 コマツ電子金
属株式会社内

(72) 発明者 小林 正和

神奈川県平塚市四之宮2612 コマツ電子金
属株式会社内

(74) 代理人 弁理士 宮越 典明 (外1名)

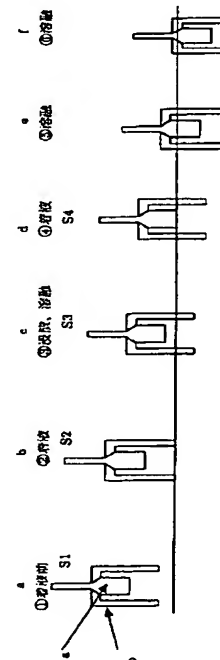
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単結晶製造用種結晶、単結晶製造用種結晶の製造方法、及び単結晶製造方法

(57) 【要約】

【課題】 種結晶の融液浸漬に先立って融液との温度差を小さくするための予熱手段を備え、かつ、転位の伝播を阻止することが可能な単結晶製造用種結晶を提供する。さらに転位がなく結晶性の良好な単結晶を形成する。

【解決手段】 溶融された原料融液表面に、融液の熱を伝導するとともに、融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を有する単結晶製造用種結晶を浸漬して、これを引き上げることにより単結晶を成長させるに際し、先端から所定の位置に、融液の熱を伝導すると共に融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断するように構成された不整合部を有する単結晶製造用種結晶の前記先端を前記融液に着液させる工程S2と、着液後更に前記不整合部より上方に位置するまで融液中への前記単結晶製造用種結晶の浸漬を続行する工程S3、S4と、前記融液面が前記不整合部上方に到達した後、前記単結晶成長用種結晶を引き上げることにより単結晶を成長させる成長工程とを含むことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 単結晶製造用種結晶において、先端から所定の位置に、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断するように構成された不整合部を有することを特徴とする単結晶製造用種結晶。

【請求項2】 単結晶育成用シード(1)と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するブレイアップ用伝熱材(2)とが、前記ブレイアップ用伝熱材から前記単結晶育成用シードに、融液の熱を伝導するとともに、融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して接合されていることを特徴とする請求項1記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項3】 前記ブレイアップ用伝熱材は、前記単結晶育成用シードの成長開始位置よりも下方に、不整合部を介して接合されていることを特徴とする請求項1または2に記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項4】 前記ブレイアップ用伝熱材は、単結晶育成用シードの側部で前記単結晶育成用シードと係合する係合部を有するとともに、所定の間隔を隔てて前記単結晶育成用シードの周りを覆って形成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の先端は、前記単結晶育成用シードの先端より突出するように構成されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項5】 前記間隔は、表面張力により、融液が浸透しない程度に十分に大きいことを特徴とする請求項4記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項6】 前記単結晶育成用シードは大径部と、その上方に連設された小径部とを有し、前記ブレイアップ用伝熱材は、前記小径部を挿通し、前記大径部で係止する穴を上面に有する円筒から構成されていることを特徴とする請求項5記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項7】 前記穴はテーパ状をなしていることを特徴とする請求項6記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項8】 前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に形成されており、あり継ぎ接合の接合面を形成していることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項9】 前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に位置し、融液面に対して平行となるように形成されたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項10】 前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に位置し、融液面に対して傾斜した面を形成することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項11】 前記不整合部は、前記単結晶育成用シ

ドの下端に位置し、円錐状側面を形成することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項12】 前記単結晶育成用シードは、シリコンであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項13】 前記ブレイアップ用伝熱材は、シリコンであり、不整合部を構成する酸化シリコン膜、窒化シリコン膜および多結晶シリコン膜のいずれかを介して単結晶育成用シードに接続されていることを特徴とする請求項12記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項14】 前記不整合部は、ブレイアップ用伝熱材と、単結晶育成用シードとを接触した後、この接触部の酸化によって形成された酸化シリコン膜であることを特徴とする請求項13記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項15】 前記シリコンは高純度シリコンであることを特徴とする請求項13に記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項16】 前記高純度シリコンは単結晶シリコンであることを特徴とする請求項15に記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項17】 前記高純度シリコンは多結晶シリコンであることを特徴とする請求項15に記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項18】 前記ブレイアップ用伝熱材はシリコンであり、前記不整合部は、シリコン同士の接合面であることを特徴とする請求項12記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項19】 前記ブレイアップ用伝熱材は高純度シリコンであることを特徴とする請求項18記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項20】 前記ブレイアップ用伝熱材は単結晶シリコンであることを特徴とする請求項19記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項21】 前記ブレイアップ用伝熱材は前記単結晶育成用シードと結晶方位が異なることを特徴とする請求項20記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項22】 前記ブレイアップ用伝熱材は前記単結晶育成用シードと結晶方位が同一であることを特徴とする請求項20記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項23】 前記ブレイアップ用伝熱材は多結晶シリコンであることを特徴とする請求項19記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項24】 前記不整合部は、酸化膜、窒化膜および多結晶膜のいずれかであることを特徴とする請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項25】 前記不整合部は、単結晶育成用シードとブレイアップ用伝熱材とが直接接合せしめられた接触面であることを特徴とする請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項26】 前記不整合部は、イオン注入によって形成された不純物含有領域であることを特徴とする請求項

1または2記載の単結晶製造用種結晶。

【請求項27】 単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、
前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイアップ用伝熱材(2)を用意する工程と前記単結晶育成用シードと前記ブレイアップ用伝熱材を合わせた状態で接合する接合工程とを含むことを特徴とする単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項28】 単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、
前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイアップ用伝熱材(2)を用意する工程と前記単結晶育成用シードと前記ブレイアップ用伝熱材を合わせた状態で酸素雰囲気中で加熱し、接合する接合工程とを含むことを特徴とする請求項27に記載の単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項29】 前記接合工程は、前記単結晶育成用シードと前記ブレイアップ用伝熱材を合わせた状態で酸素雰囲気中で加熱したのち、表面をエッチングすることにより、表面に露呈する酸化膜を除去する工程とを含むことを特徴とする請求項28記載の単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項30】 単結晶を用意する工程と、
前記単結晶を分断する工程と、
前記分断された表面同士を合わせて状態で酸素雰囲気中で加熱し、接合する接合工程とを含むことを特徴とする単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項31】 前記分断する工程に先立ち、前記単結晶表面に酸化防止膜を形成する工程を含み、前記接合工程の後、表面の前記酸化防止膜を選択的に除去する工程を含むようにしたことを特徴とする請求項30記載の単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項32】 前記酸化防止膜は窒化シリコンであることを特徴とする請求項31記載の単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項33】 前記酸化防止膜はレジストであることを特徴とする請求項31記載の単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項34】 単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、
前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイアップ用伝熱材(2)を用意する工程と前記ブレイアップ用伝熱材または前記単結晶育成用シードの少なくとも一方の端面に酸化膜を形成する工程と、
前記酸化膜を介して前記ブレイアップ用伝熱材に、前記単結晶育成用シードを接合する接合工程とを含むことを特徴とする単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項35】 前記接合工程は加熱状態で実施されることを特徴とする請求項34記載の単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項36】 さらに前記接合後、前記単結晶育成用シード表面をエッチングする工程を含むことを特徴とする請求項34記載の単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項37】 単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、
前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイアップ用伝熱材(2)を用意する工程と、
前記ブレイアップ用伝熱材または前記単結晶育成用シードの少なくとも一方の端面に多結晶膜を形成する工程と、
前記多結晶膜を介して前記ブレイアップ用伝熱材に、前記単結晶育成用シードを接合する接合工程とを含むことを特徴とする単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項38】 単結晶シリコンからなる第1のプレートを用意する工程と、
単結晶シリコンからなり、少なくとも接合面に酸化シリコン膜を有する第2のプレートを用意する工程と、
前記第1および第2のプレートを前記酸化シリコン膜を介して重ねあわせた状態で加熱することにより接合し接合プレートを形成する工程と、
前記接合プレートを接合面に垂直な面で、前記所望の大きさに切断することによりシードを形成する工程とを含むことを特徴とする単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項39】 前記切断工程の後、前記シードの前記第1のプレート側表面をエッチングする工程を含むことを特徴とする請求項38記載の単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項40】 単結晶を用意する工程と、
前記単結晶の所定の位置を横断するように不純物イオンをイオン注入し、不純物領域からなる不整合部を形成する工程とを含むことを特徴とする単結晶製造用種結晶の製造方法。

【請求項41】 溶融された原料融液表面に結晶成長の起点となる単結晶製造用種結晶を浸漬して、これを引き上げることにより単結晶を成長させる単結晶の製造方法において、
先端から所定の位置に、融液の熱を伝導すると共に融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断するように構成された不整合部を有する単結晶製造用種結晶の前記先端を前記融液に着液させる工程と、
着液後更に前記不整合部より上方に位置するまで融液中への前記単結晶製造用種結晶の浸漬を続行する工程と、
前記融液面が前記不整合部上方に到達した後、前記単結晶成長用種結晶を引き上げることにより単結晶を成長させる成長工程とを含むことを特徴とする単結晶製造方法。

【請求項42】 前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、ブレイアップ用伝熱材(2)の溶解終了に先立ち、単結晶育成用シード(1)を融液(3)に浸漬させることを特徴とする請求項41に記載の単結晶製造方法。

【請求項43】 ブレイアップ用伝熱材は、単結晶育成用シードの側部で前記単結晶育成用シードと係合する係合部を有するとともに、所定の間隔を隔てて前記単結晶育成用シードの周りを覆う筒状体で構成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の先端は、前記単結晶育成用シードの先端より突出するように構成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の融液面上部分と融液面とで形成される予熱空間によって、前記単結晶育成用シードの先端部を囲み、前記単結晶育成用シードの先端を予熱する工程を含むことを特徴とする請求項41または42に記載の単結晶製造方法。

【請求項44】 前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が円錐形状をなすように形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこの円錐形状に対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする請求項43に記載の単結晶製造方法。

【請求項45】 前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が前記融液の液面に対して傾斜するように形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこの傾斜に対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする請求項43に記載の単結晶製造方法。

【請求項46】 前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が前記融液の液面に対して平行に形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこれに対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする請求項39に記載の単結晶製造方法。

【請求項47】 単結晶育成用シード(1)を無転位のまま融液(3)に浸漬した後、結晶径を縮小する縮径工程を介することなく直ちに単結晶(6)の肩部形成工程に移行することを特徴とする請求項39に記載の単結晶製造方法。

【請求項48】 前記単結晶製造用種結晶は断熱部材を介して引き上げ手段に把持せしめられることを特徴とする請求項47に記載の単結晶製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、CZ法による半導体単結晶の製造時に用いる単結晶製造用種結晶、単結晶製造用種結晶の製造方法、及び前記種結晶を用いる単結晶製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】単結晶、たとえば単結晶シリコンは一般にCZ法を用いて製造されている。CZ法では、単結晶製造装置内に設置した石英るつぼに多結晶シリコンを充填し、石英るつぼの周囲に設けたヒータによって前記多結晶シリコンを加熱溶解して融液とする。そして、シードホルダに取り付けた種結晶を融液に浸漬し、シードホルダおよび石英るつぼを互いに同方向または逆方向に回転させながらシードホルダを引き上げて単結晶シリコンを所定の直径および長さで成長させる。

【0003】種結晶を融液に浸漬すると熱応力が発生し、種結晶に転位が発生する。この転位を除去するため、ダッシュネック法を用いて直径3～4mm程度のネック部を種結晶の下方に形成し、転位をネック部の表面に逃がす。そして、無転位化が確認された後、肩部を形成して単結晶を所定の直径まで拡大させ、次いで直胴部形成に移行する。

【0004】近年、半導体デバイス生産の効率化、歩留り向上等を目的とした単結晶の大径化あるいは軸方向長さの増大に伴ってその重量が増大し、ネック部の強度が限界に近づいている。そのため、従来の結晶引き上げ方法ではネック部が破断するおそれがあり、安全な単結晶育成ができない。この対策として、ダッシュネック法によらない各種の単結晶製造方法が提案されている。たとえば、

(1) 特開平9-249486号公報で開示された単結晶引き上げ方法は、融液の直上で種結晶の下降を停止して予熱を行い、その後の種結晶下降速度を次第に小さくして融液に浸漬させる。

(2) 特開平9-235186号公報で開示された単結晶引き上げ用種結晶は、先端部を円錐形状にして熱容量を小さくし、容易に融液温度近くに昇温するようにしている。

(3) 特開平9-249485号公報で開示された単結晶引き上げ方法は、融液に浸漬した種結晶の溶解速度を0.05～2mm/分と極低速に制御し、融液浸漬時に

生じた転位部分を溶解する。

(4) その他、中空を有する種結晶や、側面くり抜き種結晶等で融液浸漬時の転位導入を防止し、絞り工程を廃止することによって無転位種結晶径を太くすることをねらいとしている。

(5) 特開平4-104988号公報で開示された単結晶成長方法は、先端部を円錐形状にした種結晶をヒータで予熱した後、融液に浸漬するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】図18は、融液に種結晶を徐々に接近させたときの種結晶先端温度の変化を示すグラフである。種結晶先端の温度はほぼ融液面からの距離に比例して次第に上昇するが、融液面に接触する前の温度上昇には限度があり、着液と同時に急激に昇温する。融液浸漬時の転位発生は種結晶と融液との温度差

(100℃以上)によると考えられている。実際に着液直前の種結晶の温度を測定すると100℃以上の温度差が測定され、種結晶を融液の直上に保持しても期待するほどの温度上昇は困難であり、結果的に無転位浸漬が難しいことがわかる。また、図19は、種結晶の先端を融液面から2.7mmの距離に固定したときの種結晶先端温度の経時変化を示すグラフで、種結晶を1420℃の融液面すれすれの位置に静止させて長時間放置したとしても、時間に比例した温度の上昇は期待できない。これは、炉内が数十Torr程度の気圧であり、アルゴンガスが供給されているがアルゴンガスとシリコンとの熱伝導率からみても、融液からの輻射のみでは種結晶が昇温しにくいのはやむを得ないことである。ちなみに、アルゴンガスの熱伝導率は0.05W/m・K、シリコンの熱伝導率は22.08W/m・Kである。

【0006】従って、上記従来の技術には次のような問題点がある。

(1) 融液の直上で種結晶を静止させて予熱しても、静止時間に比例した温度の上昇は期待できない。

(2) また、先端部を円錐形状に尖らせた種結晶を用いても、種結晶と融液との温度差から無転位ディップの成功率は極めて低い。

(3) 更に、融液浸漬時に僅かでも種結晶に転位が導入されると、極低速の下降速度で溶解しても転位が上方へと伝播し続け、転位を消失させることは極めて困難であり、無転位ディップの成功率は低い。従来の方法では、従来技術の延長において種結晶着液時における融液との温度差を解消しようとしたり、着液時に発生した転位を消そうとする提案が種々なされているが、前述の通り工業生産に対応できる無転位化率を達成するのは困難である。

(4) 加熱手段を設けて種結晶を予熱する方法は直接的でよいが、たとえばシードホルダに加熱体を設置する方法は単結晶製造装置が複雑化する。

【0007】本発明は上記従来の問題点に着目してな

れたもので、種結晶の融液浸漬に先立って融液との温度差を小さくするための予熱手段を備え、かつ、転位の伝播を阻止することが可能な単結晶製造用種結晶を提供することを目的とする。また本発明の単結晶の製造方法では、転位がなく結晶性の良好な単結晶を形成することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明に係る単結晶製造用種結晶の第1は、単結晶製造用種結晶において、融液の熱を伝導するとともに、融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を有することを特徴とする(請求項1)。本発明の第2では、単結晶育成用シード(1)と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するブレイアップ用伝熱材(2)とが、前記ブレイアップ用伝熱材から前記単結晶育成用シードに、融液の熱を伝導するとともに、融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して接合されていることを特徴とする(請求項2)。本発明の第3では、請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶において、ブレイアップ用伝熱材は、前記単結晶育成用シードの成長開始位置よりも下方に、不整合部を介して接合されていることを特徴とする(請求項3)。本発明の第4では、請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材は、単結晶育成用シードの側部で前記単結晶育成用シードと係合する係合部を有するとともに、所定の間隔を隔てて前記単結晶育成用シードの周りを覆って形成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の先端は、前記単結晶育成用シードの先端より突出するように構成されていることを特徴とする(請求項4)。本発明の第5では、請求項4記載の単結晶製造用種結晶において、前記間隔は、表面張力により、融液が浸透しない程度に十分に大きいことを特徴とする(請求項5)。本発明の第6では、請求項5記載の単結晶製造用種結晶において、前記単結晶育成用シードは大径部と、その上方に連設された小径部とを有し、前記ブレイアップ用伝熱材は、前記小径部を挿通し、前記大径部で係止する穴を上面に有する円筒から構成されていることを特徴とする(請求項6)。本発明の第7では、請求項6記載の単結晶製造用種結晶において、前記穴はテーパ状をなしていることを特徴とする(請求項7)。本発明の第8では、請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に形成されており、あり継ぎ接合の接合面を形成していることを特徴とする(請求項8)。本発明の第9では、請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に位置し、融液面に対して平行となるように形成されたことを特徴とする(請求項9)。本発明の第10では、請求項1乃至

3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に位置し、融液面に対して傾斜した面を形成することを特徴とする（請求項10）。本発明の第11では、請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に位置し、円錐状側面を形成することを特徴とする（請求項11）。本発明の第12では、請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において前記単結晶育成用シードは、シリコンであることを特徴とする（請求項12）。本発明の第13では、請求項12記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱体は、シリコンであり、不整合部を構成する酸化シリコン膜、窒化シリコン膜および多結晶シリコン膜のいずれかを介して単結晶育成用シードに接続されていることを特徴とする（請求項13）。本発明の第14では、請求項13記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、ブレイアップ用伝熱材と、単結晶育成用シードとを接触した後、この接触部の酸化によって形成された酸化シリコン膜であることを特徴とする（請求項14）。本発明の第15では、請求項13に記載の単結晶製造用種結晶において、前記シリコンは高純度シリコンであることを特徴とする（請求項15）。本発明の第16では、請求項15に記載の単結晶製造用種結晶において、前記高純度シリコンは単結晶シリコンであることを特徴とする（請求項16）。本発明の第17では、請求項15に記載の単結晶製造用種結晶において、前記高純度シリコンは多結晶シリコンであることを特徴とする（請求項17）。本発明の第18では、請求項12記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材はシリコンであり、前記不整合部は、シリコン同士の接合面であることを特徴とする（請求項18）。本発明の第19では、請求項18記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材は高純度シリコンであることを特徴とする（請求項19）。本発明の第20では、請求項19記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材は単結晶シリコンであることを特徴とする（請求項20）。本発明の第21では、請求項20記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材は前記単結晶育成用シードと結晶方位が異なることを特徴とする。本発明の第22では、請求項22記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材は前記単結晶育成用シードと結晶方位が同一であることを特徴とする（請求項22）。本発明の第23では、請求項19記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材は多結晶シリコンであることを特徴とする（請求項23）。本発明の第24では、請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、酸化膜、窒化膜および多結晶膜のいずれかであることを特徴とする（請求項24）。本発明の第25では、請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合

部は、単結晶育成用シードとブレイアップ用伝熱体とが直接接触せしめられた接触面であることを特徴とする（請求項25）。本発明の第26では、請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、イオン注入によって形成された不純物含有領域であることを特徴とする（請求項26）。本発明の第27では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイアップ用伝熱材(2)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードと前記ブレイアップ用伝熱材を合わせた状態で接合する接合工程とを含むことを特徴とする。本発明の第28では、請求項27に記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイアップ用伝熱材(2)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードと前記ブレイアップ用伝熱材を合わせた状態で酸素雰囲気中で加熱し、接合する接合工程とを含むことを特徴とする（請求項28）。本発明の第29では、請求項28記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記接合工程は、前記単結晶育成用シードと前記ブレイアップ用伝熱材を合わせた状態で酸素雰囲気中で加熱したのち、表面をエッチングすることにより、表面に露呈する酸化膜を除去する工程とを含むことを特徴とする（請求項29）。本発明の第30では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶を用意する工程と、前記単結晶を分断する工程と、前記分断された表面同志を合わせて状態で酸素雰囲気中で加熱し、接合する接合工程とを含むことを特徴とする（請求項30）。本発明の第31では、請求項30記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記分断する工程に先立ち、前記単結晶表面に酸化防止膜を形成する工程を含み、前記接合工程の後、表面の前記酸化防止膜を選択的に除去する工程を含むようにしたことを特徴とする（請求項31）。本発明の第32では、請求項31記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記酸化防止膜は窒化シリコンであることを特徴とする（請求項32）。本発明の第33では、請求項31記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記酸化防止膜はレジストであることを特徴とする（請求項33）。本発明の第34では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイアップ用伝熱材(2)を用意する工程と、前記ブレイアップ用伝熱材または前記単結晶育成用シードの少なくとも一方の端面に酸化膜を形成する工程と、前記酸化膜を介して前記ブレイアップ用伝熱材に、前記単結晶育成用シードを接合す

る接合工程とを含むことを特徴とする（請求項34）。本発明の第35では、請求項34記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記接合工程は加熱状態で実施されることを特徴とする（請求項35）。本発明の第36では、請求項34記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、さらに前記接合後、前記単結晶育成用シード表面をエッチングする工程を含むことを特徴とする（請求項36）。本発明の第37では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイアップ用伝熱材(2)を用意する工程と、前記ブレイアップ用伝熱材または前記単結晶育成用シードの少なくとも一方の端面に多結晶膜を形成する工程と、前記多結晶膜を介して前記ブレイアップ用伝熱材に、前記単結晶育成用シードを接合する接合工程とを含むことを特徴とする。本発明の第38では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶シリコンからなる第1のプレートを用意する工程と、単結晶シリコンからなり、少なくとも接合面に酸化シリコン膜を有する第2のプレートを用意する工程と、前記第1および第2のプレートを前記酸化シリコン膜を介して重ねあわせた状態で加熱することにより接合し接合プレートを形成する工程と、前記接合プレートを接合面に垂直な面で、前記所望の大きさに切断することによりシードを形成する工程とを含むことを特徴とする（請求項38）。本発明の第39では、請求項38記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記切断工程の後、前記シードの前記第1のプレート側表面をエッチングする工程を含むことを特徴とする（請求項39）。本発明の第40では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶を用意する工程と、前記単結晶の所定の位置を横断するように不純物イオンをイオン注入し、不純物領域からなる不整合部を形成する工程とを含むことを特徴とする（請求項40）。本発明の第41では、溶融された原料融液表面に結晶成長の起点となる単結晶製造用種結晶を浸漬して、これを引き上げることににより単結晶を成長させる単結晶の製造方法において、先端から所定の位置に、融液の熱を伝導すると共に融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断するように構成された不整合部を有する単結晶製造用種結晶の前記先端を前記融液に着液させる工程と、着液後更に前記不整合部より上方に位置するまで融液中への前記単結晶製造用種結晶の浸漬を続行する工程と、前記融液面が前記不整合部上方に到達した後、前記単結晶成長用種結晶を引き上げることににより単結晶を成長させる成長工程とを含むことを特徴とする（請求項41）。本発明の第42では、請求項41に記載の単結晶製造方法において、前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、ブレイアップ用伝熱材(2)の溶解

終了に先立ち、単結晶育成用シード(1)を融液(3)に浸漬させることを特徴とする（請求項42）。本発明の第43では、請求項41または42に記載の単結晶製造方法において、ブレイアップ用伝熱材は、単結晶育成用シードの側部で前記単結晶育成用シードと係合する係合部を有するとともに、所定の間隔を隔てて前記単結晶育成用シードの周りを覆う筒状体で構成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の先端は、前記単結晶育成用シードの先端より突出するように構成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の融液面上部分と融液面とで形成される予熱空間によって、前記単結晶育成用シードの先端部を囲み、前記単結晶育成用シードの先端を予熱する工程を含むことを特徴とする（請求項43）。本発明の第44では、請求項43に記載の単結晶製造方法において、前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が円錐形状をなすように形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこの円錐形状に対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする（請求項44）。本発明の第45では、請求項43に記載の単結晶製造方法において、前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が前記融液の液面に対して傾斜するように形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこの傾斜に対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする（請求項45）。本発明の第46では、前記単結晶製造用種結晶は、請求項39に記載の単結晶製造方法において、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が前記融液の液面に対して平行に形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこれに対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする（請求項46）。本発明の第47では、請求項39に記載の単結晶製造方法において、単結晶育成用シード(1)を無転位のまま融液(3)に浸漬した後、結晶径を縮小する縮径工程を介することなく直ちに単結晶(6)の肩部形成工程に移行することを特

徴とする（請求項47）。本発明の第48では、請求項47に記載の単結晶製造方法において、前記単結晶製造用種結晶は断熱部材を介して引き上げ手段に把持せしめられることを特徴とする（請求項48）。

【0009】本発明の第1乃至第3によれば、不整合部を介して融液の熱が予熱用部材から育成用種結晶に伝導され、育成用種結晶を融液温度近傍まで加熱することができるので、融液浸漬時の熱応力が小さくなり、転位の発生が防止される。その一方で、前記不整合部は転位の伝播を遮断するため、予熱用部材に転位が発生することがあっても、これが育成用種結晶に伝播しない。なお、予熱用部材は、育成用種結晶への熱伝導作用さえあればよく、必ずしも単結晶である必要はない。本発明の第4は、単結晶製造用種結晶が、単結晶育成用シードと、単結晶育成用シードよりも先に融液に浸漬させて融液の熱を単結晶育成用シードに伝導する予熱用部材としてのプレディップ用伝熱材とを組み合わせて一体化したものであり、上記構成によれば、プレディップ用伝熱材を融液に浸漬させることにより、加熱されたプレディップ用伝熱材の熱が融液の上方にある単結晶育成用シードに伝導され、単結晶育成用シードを漸次加熱する。これにより、単結晶育成用シード単体を融液直上に長時間静止させた場合に比べて単結晶育成用シードをゆるやかに、かつより高温に加熱することができる。また、融液着液時にプレディップ用伝熱材には結晶体である場合は転位が発生するが、この転位が単結晶育成用シードに伝播することはない。本発明の第5によれば、上記間隔を、融液が表面張力により浸透しない程度に十分に大きくしており、これにより、表面張力により融液が浸透して、単結晶育成用シードが十分に予熱される前に融液に接触し、転位発生の原因となるのを防ぐためである。

【0010】本発明の第6乃至第13によれば、種々の形態により、よりよく転位発生を防止するようにしたものである。本発明の第14によれば、上記効果に加えて、前記不整合部は、プレディップ用伝熱材と、単結晶育成用シードとを接触した後、この接触部の酸化によって形成された酸化シリコン膜であるため、プレディップ用伝熱材と、単結晶育成用シードとの間がより密着した状態で固着されるため、表面張力により隙間に融液が浸透して転位発生の原因となるのを防ぐことができる。本発明の第15乃至第26によれば、種々の形態により、よりよく転位発生を防止することができる。特に、第25によれば、単結晶育成用シードとプレディップ用伝熱材とが直接接触されており、製造が容易でかつこの界面での熱接触性はきわめて良好であり、かつ良好に転位の伝播を遮断することが出来る。又第26ではイオン注入によって不純物含有領域を形成することにより、転位伝播を遮断するようにしているため、第25と同様界面での熱接触性はきわめて良好であり、信頼性の高い単結晶の育成を可能とする種結晶を得ることが可能となる。また、本発明の

第27乃至第40は上記単結晶の製造方法であり、かかる構成によれば容易に良好な種結晶を得ることが出来る。また、本発明の第41乃至第48は、上記種結晶を用いて単結晶の引き上げを行うもので、融液面が不整合部上方に到達した後に、単結晶を引き上げるようにしているため、たとえば、単結晶育成用シードとプレディップ用伝熱材とを一体化した状態で融液に浸漬させることを特徴とする。上記構成によれば、単結晶育成用シードが融液に着液する前に融液温度と単結晶育成用シードとの温度差が小さくなるとともに、プレディップ用伝熱材と単結晶育成用シードとの界面である不整合部によって、プレディップ用伝熱材から単結晶育成用シードへの転位伝播が遮断される。

【0011】本発明の第42では、プレディップ用伝熱材の溶解中に単結晶育成用シードを融液に浸漬させることを特徴とする。上記構成によれば、プレディップ用伝熱材を介して融液から単結晶育成用シードに熱伝導が行われた後、単結晶育成用シードを融液に浸漬させるので、単結晶育成用シードに発生する熱応力が小さくなり、転位は発生しない。

【0012】本発明の第45及び46は、単結晶育成用シードの下部にプレディップ用伝熱材を不整合部で接触、一体化させた状態で、まず、プレディップ用伝熱材を融液に浸漬し、溶解しつつ下降させ、更に前記不整合部が完全に融液面下に没した後、前記単結晶育成用シードの下部に単結晶を成長させつつ引き上げることを特徴とする。上記構成によれば、融液に浸漬することによって融液からプレディップ用伝熱材に伝導される熱は、不整合部でプレディップ用伝熱材に接触している単結晶育成用シードにそのまま伝導され、単結晶育成用シードを融液面直上に近接して長時間静止させた場合よりもゆるやかに、しかし著しく高温に加熱される。この状態を維持しつつ不整合部が完全に融液面下に没すると、プレディップ用伝熱材全体と単結晶育成用シードの下部が溶解する。しかし、結晶育成用シードに発生する熱応力は極めて小さく転位の導入がないので、単結晶育成用シードの下部にそのまま単結晶を成長させることができる。

【0013】本発明に係る単結晶製造方法においては、プレディップ用伝熱材の溶解時及びプレディップ用伝熱材と単結晶育成用シードとの溶解時に、ヒータ電力の調整を行ってもよい。すなわち、まずプレディップ用伝熱材が溶解を始め、次いで単結晶育成用シードが溶解する。これらの溶解時にヒータ電力を調整することで、溶解が円滑に進むとともに、プレヒート用シードから単結晶育成用シードへの熱伝導が十分に行われる。

【0014】更に、本発明の第47では、単結晶育成用シードを無転位のまま融液に浸漬した後、直ちに単結晶の肩部形成工程に移行することを特徴とする。上記構成によれば、単結晶育成用シードは融液との温度差が小さくなるまで予熱され、融液浸漬による転位が発生しないた

め、融液浸漬後絞り工程に移行する必要がなく、そのまま単結晶の肩部形成工程に入ることができる。従って、単結晶育成用シードが縮径されことなくその下方に単結晶が育成される。ここで不整合部とは、結晶状態あるいは組成が不整合となっていればよく、一体物に、不整合を生ぜしめるようなエネルギーを加えて変化させたものの、別体として形成したものを接合したものの両方を含むものとする。すなわち巨視的にみて不整合である部分および微視的にみて不整合である部分のいずれでもよく、要は転位の伝播を遮断することができるものであればよい。

【0015】

【発明の実施の形態】次に、本発明に係る単結晶製造用種結晶及び単結晶製造方法の実施例について、図面を参照しつつ詳細に説明する。図1～図4は、単結晶製造用種結晶の第1～第4実施例を示す斜視図である。前記各図において（a）は単結晶育成用シード、（b）はブレイアップ用伝熱材、（c）は単結晶育成用シードとブレイアップ用伝熱材とを一体化した状態（以下この状態になったものを種結晶と呼ぶ）を示している。

【0016】図1（a）の単結晶育成用シード1は、通常のシードとほぼ同等の直径を有する上部1aと、上部1aより大径の下部1bとをテーパー部1cで接続してなり、上部1aにはシードホルダに掛止するための掛止部1dが設けられており、上部1a中に成長開始点1mをもつようにこのレベルまで溶融させた後引き上げが開始されるように構成されている。また、図1（b）のブレイアップ用伝熱材2は、円柱状の種結晶の内部に、前記単結晶育成用シード1の下部1bを収容する大径穴2aと、テーパー部1cが挿入されるテーパー穴2bとを設けたものである。大径穴2aの下端から単結晶育成用シード1を挿入すると、図1（c）に示すように前記両者が一体化した種結晶となる。図1（d）はこの種結晶の全体概要図である。単結晶育成用シードおよびブレイアップ用伝熱材2はそれぞれ研削加工によって形状加工がなされたのち、共ずり法によってテーパー穴2bおよびこれに符合するテーパー部1cが形成され、両者が機密的に係合し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の単結晶育成用シードへの伝播を遮断する不整合部たる係合部を構成する。

【0017】この種結晶を用いて単結晶の引き上げを行うわけであるが、種結晶はこの形状に限定されことなく、適宜変更可能である。図2は係合部の形状を、テーパー形状から同一径部に変更したものである。他の部分については前記第1の実施例と全く同様に形成されている。図2（a）の単結晶育成用シード1は、通常のシードとほぼ同等の直径を有する上部1aと、上部1aより大径の下部1bとを接続した形状で、上部1aにはシードホルダに掛止するための掛止部1dが設けられている。また、図2（b）のブレイアップ用伝熱材2は、円

柱状の種結晶の内部に前記単結晶育成用シード1の上部1aを挿入する小径穴2cと、下部1bを収容する大径穴2aとを設けたものである。大径穴2aの下端から単結晶育成用シード1を挿入すると、図2（c）に示すように前記両者が一体化した種結晶となる。

【0018】また係合形状として、穴に代えて溝を用いるようにしてもよい。図3（a）の単結晶育成用シード1は、通常の種結晶とほぼ同等の直径を有する種結晶の両側面に切り欠き部1eを設け、上端に掛止部1dを設けたものである。また、図3（b）のブレイアップ用伝熱材2は、角柱状の種結晶の上面に単結晶育成用シード1の切り欠き1eと係合する切り欠き溝2dを設け、側面に単結晶育成用シード1の下部を挿入するための切り欠き溝2eを設けたものである。ブレイアップ用伝熱材2の側面から単結晶育成用シード1を挿入すると、図3（c）に示すように前記両者が一体化した種結晶となる。

【0019】さらにまた、ブレイアップ用伝熱材を角柱状に形成したものも有効である。図4（a）の単結晶育成用シード1は、通常の種結晶とほぼ同等の寸法の角柱状の上部1aと、上部1aより大きい角柱状の下部1bとを接続した形状で、上部1aにはシードホルダに掛止するための掛止部1dが設けられている。また、図4（b）のブレイアップ用伝熱材2は、角柱状の結晶の内部に前記単結晶育成用シード1の上部1aを挿入する角穴2fと、下部1bを収容する角穴2gとを設けたものである。角穴2gの下端から単結晶育成用シード1を挿入すると、図4（c）に示すように前記両者が一体化した種結晶となる。

【0020】上記の各単結晶育成用シード1及びブレイアップ用伝熱材2は、単結晶シリコンインゴットを所定の形状に加工した後、加工歪みを除去するため化学研磨を施して使用される。なお、この接合部は、融液の浮力により、ブレイアップ用伝熱材2が上方への力を受け、分離し易くまた、隙間があると、表面張力により、融液が上方に浸透し、十分に予熱されていない状態の単結晶育成用シードに融液が接触することで転位が入ることがあるため、密着させておくのが望ましい。密着させるための方法としては、単結晶育成用シードとブレイアップ用伝熱材とを密着するように接合する酸化シリコン膜10を形成しておくようにするのが望ましい。先ず、この種結晶の製造方法の1例について説明する。図5（a）に示すように、単結晶育成用シード1及びブレイアップ用伝熱材2を単結晶シリコンの研削加工によって所望の形状に加工する。そして図5（b）に示すように、共ずり法によりすりあわせてテーパー穴2b内に単結晶育成用シード1のテーパー部1cを接合する。ここで1mは結晶成長開始位置すなわち成長点である。この状態で酸化雰囲気中で500℃程度に加熱し、図5（c）に示すようにこの接合面の隙間に酸化シリコン膜102を形成す

る。このとき、単結晶育成用シード1及びブレイアップ用伝熱材2の表面にも酸化シリコン膜が形成されるが、この接合部よりも下の領域のみを薄いフッ酸のエッチング液に浸漬し図5(d)に示すように表面の清浄化された種結晶を得ることができる。なお、単結晶育成用シード及びブレイアップ用伝熱材の形状は図1～図4に限るものではなく、単結晶育成用シードが融液に浸漬される前にブレイアップ用伝熱材が融液に浸漬されるような形状のものであれば他の形状でもよい。その例は、図9乃至図12および図17に示した。

【0021】前記図1(c)に示した種結晶体を使用して単結晶を製造する際の手順を示す。ここで用いる種結晶体は、図5(a)～(d)に製造工程を示したように、単結晶育成用シードおよびブレイアップ用伝熱材2はそれぞれ研削加工によって形状加工がなされたのち、共ずり法によってテーパー穴2bおよびこれに符合するテーパー部1cが形成され、両者が酸化シリコン膜10を介して機密的に接合せしめられた状態になっている。図7に単結晶育成用シード1とブレイアップ用伝熱材2のそれぞれの位置a、bにおける温度と、液面からの距離dとの関係を測定した結果を示す。比較のために従来の種結晶を用いた場合の、液面からの距離と温度との関係を曲線cで示す。なお側定位置としては先端からの距離がa、bと同程度となる点を用いている。まず、石英るつばに装填した多結晶原料がすべて溶解した後、融液3を適度な温度に維持する。そして、図6(a)に示すように、引き上げ軸4下端のシードホルダ(図示せず)に取着した単結晶育成用シード1とブレイアップ用伝熱材2とからなる種結晶を下降させる(ステップS1)と、初めにブレイアップ用伝熱材2が融液面に接触する(図6(b):ステップS2)。そのまま所定の速度で下降を続けると、図6(c)に示すようにブレイアップ用伝熱材2が下端から溶解する(ステップS3)。このとき、融液浸漬部が常に溶解し続けるような融液温度を維持することができるように、ブレイアップ用伝熱材2の溶解状況を観察しながらヒータ電力を調整する。この間、ブレイアップ用伝熱材2の溶解を通じて融液3の温度がブレイアップ用伝熱材2から単結晶育成用シード1に伝導されるので、図7の曲線からもあきらかなように、単結晶育成用シード1の温度はブレイアップ用伝熱材2とほぼ同じ温度で推移することになる。従ってこれを単体で融液3の表面に近接させた場合よりも著しく高温域まで上昇し、融液3と単結晶育成用シード1との温度差は極めて小さくなる。

【0022】そして更に下降させると、図6(d)に示すように単結晶育成用シード1の下面が融液面に到達する。(ステップS4)このとき単結晶育成用シード1は、ブレイアップ用伝熱材2から十分な熱伝導を受けているので、融液3に浸漬しても転位は発生しない。このことは図7の曲線aとcとの比較から単結晶育成用シ

ドの着液時の温度変化が極めて小さくなっていることがわかる。しかし、この位置ではブレイアップ用伝熱材2と単結晶育成用シード1の両方が融液3に浸漬され、ブレイアップ用伝熱材2の上部は溶解されずに残っているため、単結晶の引き上げに支障を来すことがある。そこで、図6(e)に示すように単結晶育成用シード1の下部1bを溶解させながら種結晶の下降を続行し、図6(f)に示すようにブレイアップ用伝熱材2と単結晶育成用シード1のテーパー部1cから下方の部分とを融液3に浸漬して溶解する。その結果、単結晶育成用シード1の上部1aのみが溶解せずに残存している状態となる。ここで、単結晶育成用シード1をポップアウトさせることなく単結晶の引き上げ開始に最適な温度となるように融液温度を調整し、図8に示すように単結晶6の引き上げを開始する。単結晶育成用シード1には転位が導入していないので絞込工程に入る必要がない。従って、直ちに肩部形成工程に移行し、次いで通常のプロセスと同様に単結晶6を育成する。ここで種結晶体はシードホルダ5で支持されているが、このシードホルダの種結晶との接触部は断熱材料で構成されており、熱の放出を防止し、ブレイアップ用伝熱材からの熱を効率よく単結晶育成用シードの昇温に作用せしめることができる。

【0023】本発明を適用し、単結晶育成用シードとして直径12.7mmの種結晶を用いて200kgのシリコン単結晶を8本引き上げたが、単結晶育成用シードに結晶転位は全く起こらなかった。直径12.7mmの種結晶を用いた場合、その耐荷重を14kg/mm²とすると1ton以上の支持が可能となる。また、直径310mmのシリコン単結晶ならば、長さ1500mmのものを引き上げても十分に余裕がある。ここで、ブレイアップ用伝熱材は、単結晶育成用シードの上部で前記単結晶育成用シードと係合し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の単結晶育成用シードへの伝播を遮断する不整合部たる係合部を有するとともに、所定の間隔を隔てて前記単結晶育成用シードの周りを覆うように形成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の先端は、前記単結晶育成用シードの先端より突出するように構成されているため、図6(b)でブレイアップ用伝熱材の先端が着液した時点から前記単結晶育成用シードの先端はブレイアップ用伝熱材で覆われ、融液からの熱でより昇温せしめられた空間内に維持され、ブレイアップ用伝熱材の先端からの熱を熱伝導により受け取りながら、融液表面に近づいていくことになる。従って図6(d)で単結晶育成用シードの先端が着液した瞬間の熱的変動は極めて小さなものとなる。

【0024】次に本発明の第5実施例を図9に示す。前記第1乃至第4の実施例では、単結晶育成用シードの周りをブレイアップ用シードが覆うような形状であったが、単結晶育成用シードの先端にブレイアップ用シードを取り付けたものも有効である。この種結晶体は、図9

に示すように、円柱または角柱状の単結晶育成用シード1とブレイアップ用伝熱材2とを、あり継ぎ(dovetail joint)で接続したものである。この例ではこのあり継ぎ面が転位の伝播を遮断する不整合部を構成し、このあり継ぎ面よりも下方に位置したブレイアップ用伝熱材2は、先に融液に浸漬され、溶解しながら融液の熱を単結晶育成用シードに伝導し、単結晶育成用シードを予熱する。単結晶育成用シード1にはブレイアップ用伝熱材2に導入された転位が伝播せず、融液温度近くまで昇温した時点で融液に浸漬される。このとき、ブレイアップ用伝熱材2はすべて溶解されている。なお、この例においても、ブレイアップ用伝熱材2と単結晶育成用シード1との接合面に酸化シリコン膜を形成しておくことにより、転位の伝播を遮る作用をより確実に行うことができる。前記実施例では、別に形状加工したブレイアップ用伝熱材2と単結晶育成用シード1とを接合することによって種結晶を形成したが、これらに限定されず、先端から所定の位置に融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断するように構成された不整合部を有する種結晶であればよい。この不整合部としては酸化シリコン膜のほか窒化シリコン膜でもよい。前記不整合部としては、シリコン同士の接合面であってもよい。もちろん、ブレイアップ用伝熱材は必ずしも単結晶である必要はない。前記実施例ではあり継ぎによるものについて説明したが、図10に示すように、液面に平行な不整合部を有するものでもよい。この例では単結晶シリコンからなる前記単結晶育成用シード1の下端に酸化シリコン膜10を介して多結晶シリコンからなるブレイアップ用伝熱材2が接合されている。また図11に示すように不整合部Bが斜めに形成されているものも接合面積が大きく接着がより強度な種結晶を得ることが可能となる。また、図12に示すようにブレイアップ用伝熱材2の上面に凹部が形成されこの凹部に単結晶育成用シード1としての単結晶シリコン棒の先端を挿入して接合したものである。これら単結晶育成用シード1とブレイアップ用伝熱材2との界面が不整合部Bを構成する。望ましくはこの界面にも酸化シリコン膜を形成することにより接合が強固となる。次に本発明の第6の実施例として種結晶の形成方法について説明する。この例では図13(a)に示すように単結晶シリコン21を所望の形状に加工し、図13(b)に示すように酸化防止膜22として窒化シリコン膜を形成する。この後、図13(c)に示すように前記単結晶シリコン21を分断する。この分断された単結晶シリコンの分断面同志を合わせて酸素雰囲気中で加熱し図13(d)に示すように接合面に酸化シリコン10を形成した後、表面の酸化防止膜をエッチング除去し図13(e)に示すように酸化シリコン膜10を介して接合された種結晶を得る。次に

本発明の第7の実施例としてイオン注入により、不整合部を形成する例について説明する。まず、図14(a)に示すように、単結晶シリコンを所望の形状に加工し、素体30を形成する。そして、図14(b)に示すように、この素体の所望の位置に酸素イオンを注入し酸化シリコン層31を形成する。この方法によれば、機械的に分断することなくイオン注入層によって物理的に不連続とすることができる。従って、界面での剥離や隙間への融液の侵入を防止することが可能となる。次に本発明の第8の実施例として接合により種結晶を形成する方法について説明する。図15(a)および(b)に示すように、単結晶シリコンを所望の形状に加工し、単結晶育成用シード1およびブレイアップ用伝熱材2を形成する。このブレイアップ用伝熱材2の接合面側には酸化シリコン膜10をあらかじめ形成しておく。この状態で図15(c)に示すように、単結晶育成用シード1およびブレイアップ用伝熱材2を酸化シリコン膜10を介して接合する。この方法によれば極めて強固な接合が可能となり、界面への融液の浸透もなく、信頼性の高い引き上げが可能となる。次に本発明の第9の実施例について説明する。この例では、貼合わせによって酸化シリコン膜を介して2枚のプレートで接合した後、切断することにより、種結晶を形成するようにしたことを特徴とするものである。まず図16(a)に示すように、単結晶シリコンからなる第1のプレート41を用意するとともに、図16(b)に示すように、接合面に酸化シリコン膜43を有する単結晶シリコン製の第2のプレート42を用意する。そして図16(c)に示すように、前記第1、第2のプレートを前記酸化シリコン膜43を介して重ねあわせた状態で加熱することにより接合し接合プレートを形成する。さらに図16(d)に示すように、前記接合プレートを接合面に垂直な面で、前記所望の大きさに切断することにより多数個のシードを形成する。望ましくは切断工程の後、前記種結晶の前記第1のプレート側表面をエッチングする。このようにして、不整合部を有する種結晶を容易に作業性よく形成することができる。また、前記単結晶育成用シードとの接合面近傍に高濃度にドーパされた多結晶シリコン層を含むものを使用することにより、酸化工程でより酸化シリコン膜が形成され易く、接合が容易となる。この酸化シリコン膜は、接合を強固にする程度に形成するのが望ましいが、隙間を埋めるだけでも良いことは言うまでもない。さらにまた単結晶育成用シードとしては先端部が円錐状をなすように形成しておき、前記ブレイアップ用伝熱材は、この円錐状部分に係合し、前記単結晶育成用シードに、融液の熱を伝導するとともに、融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部たる係合部を有し、酸化シリコン膜を介して両者が密着接合せしめられたものも有効である。加えて前記実施例では、シリコンについて説明したが、GaAs, GaAsP, InPなどの化合物半導体の引き

上げにも適用可能であることはいうまでもない。化合物半導体の場合にも界面に酸化膜を形成することにより、前記実施例の場合と同様の効果を奏功する。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、次の効果が得られる。

(1) 単結晶育成用シードは、ブレイアップ用伝熱材から融液の熱を伝達せしめられ、この熱により融液浸漬前に融液温度近傍まで昇温し、両者の温度差が小さくなる一方、ブレイアップ用伝熱材に転位が発生することがあっても不整合部がこの転位の進行を停止させるので、着液時の熱応力も小さくなり、転位の導入が起らない。従って、ダッシュネック法による絞りの必要がなく、単結晶育成用シードを縮径することなくそのまま肩部形成工程に移行することができる。絞り工程の省略により、生産性が向上する。

(2) 従来のようにネック部で単結晶を吊り下げることがないので、ネック部破断の危険性なしに大重量の単結晶を製造することができる。

(3) シードホルダや単結晶製造装置に特別な加熱手段を設置する必要がなく、単結晶製造装置の複雑化を避けることができる。

(4) ブレイアップ用伝熱材は、融液内で溶融せしめられ消失して融液の一部となるため、成長する単結晶の障害となることもない。また、このブレイアップ用伝熱材の長さについても適宜選択することができ、十分に長くとり、徐々にさげていくようにすることにより、単結晶育成用シードの先端に急激な温度変化を与えることなく、ゆっくりと引き上げを行うようにすることが可能となり、さらなる結晶性の向上を図ることが可能となる。

(5) また、成長面すなわち引き上げ開始点は、ブレイアップ用伝熱材と、単結晶育成用シードとの界面ではなく、単結晶育成用シードの先端を一旦融液に浸漬し十分に溶融したのち、安定で結晶性の良好な面から成長が開始されるため、結晶欠陥の発生はほとんど皆無となる。

(6) また、ブレイアップ用伝熱材と、単結晶育成用シードとの接合は、接着剤や特別の接続用治具を用いることなく達成できるため、ホルダへの取り付けに関しては通常の種結晶と同様に扱うことができる。また融液への汚染も従来と同様の対応で防止可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】種結晶の第1実施例を示す斜視図で、(a)は単結晶育成用シード、(b)はブレイアップ用伝熱材、(c)は前記両者を一体化した種結晶、(d)は前記両者を一体化した種結晶の説明図である。

【図2】種結晶の第2実施例を示す斜視図で、(a)は単結晶育成用シード、(b)はブレイアップ用伝熱材、(c)は前記両者を一体化した種結晶である。

【図3】種結晶の第3実施例を示す斜視図で、(a)は単結晶育成用シード、(b)はブレイアップ用伝熱材、(c)は前記両者を一体化した種結晶である。

【図4】種結晶の第4実施例を示す斜視図で、(a)は単結晶育成用シード、(b)はブレイアップ用伝熱材、(c)は前記両者を一体化した種結晶である。

【図5】第1実施例の種結晶の製造工程を示す図である。

【図6】第1実施例の種結晶を使用して単結晶を製造する際の手順を示す説明図である。

【図7】第1実施例の種結晶を使用して単結晶を製造する際の単結晶育成用シードおよびブレイアップ用シードの温度と液面からの距離とを示す説明図である。

【図8】第1実施例の種結晶を使用して単結晶を製造する際の手順を示す説明図で、単結晶育成中の状態を示す。

【図9】種結晶の第5実施例を示す正面図である。

【図10】種結晶の変形例を示す正面図である。

【図11】種結晶の変形例を示す正面図である。

【図12】種結晶の変形例を示す正面図である。

【図13】本発明の第6の実施例の種結晶の製造方法を示す図である。

【図14】本発明の第7の実施例の種結晶の製造方法を示す図である。

【図15】本発明の第8の実施例の種結晶の製造方法を示す図である。

【図16】本発明の第9の実施例の種結晶の製造方法を示す図である。

【図17】本発明の種結晶の変形例を示す斜視図である。

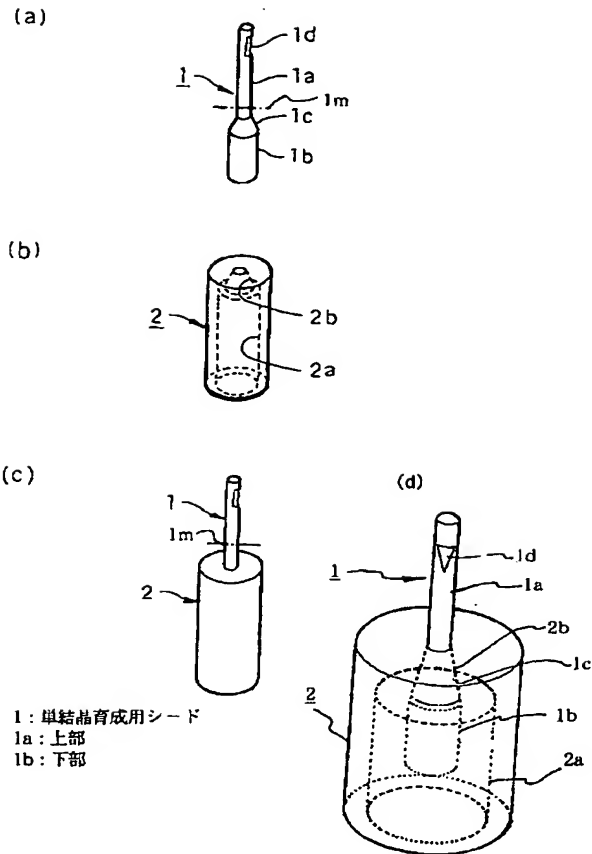
【図18】種結晶を融液に徐々に接近させたときの種結晶先端温度の変化を示す図である。

【図19】種結晶の先端を融液面から2.7mmの距離に固定したときの種結晶先端温度の経時変化を示す図である。

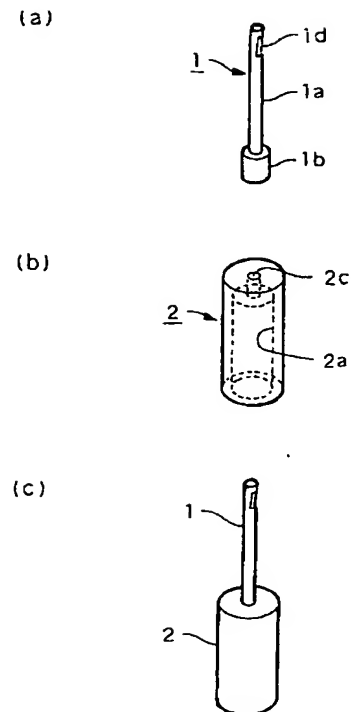
【符号の説明】

- 1 単結晶育成用シード
- 2 ブレイアップ用伝熱材
- 3 融液
- 5 シードホルダ
- 6 単結晶
- 10 酸化シリコン膜

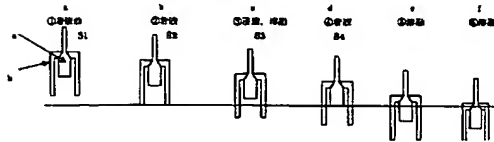
【図1】



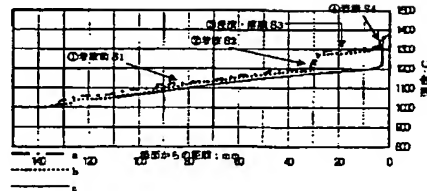
【図2】



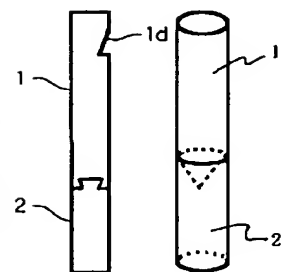
【図6】



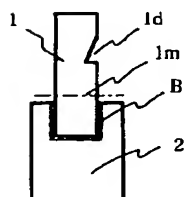
【図7】



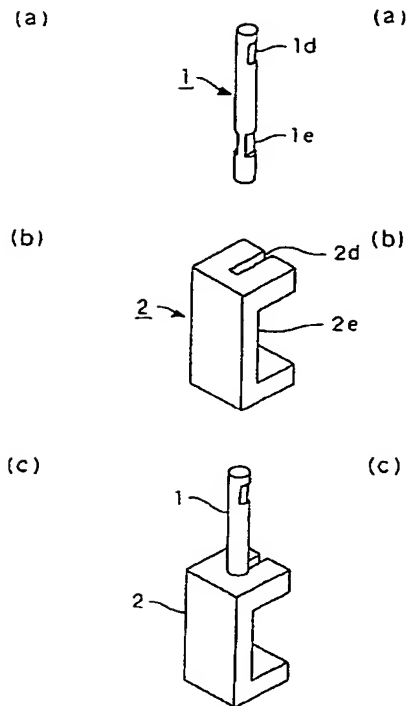
【図9】 【図17】



【図12】

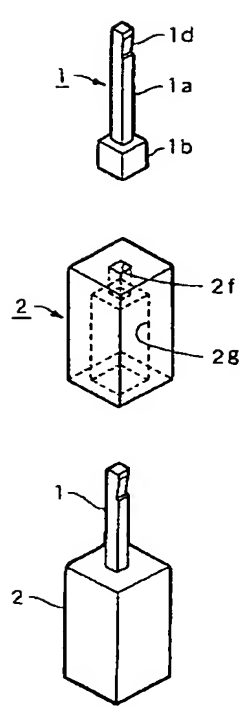


【図3】



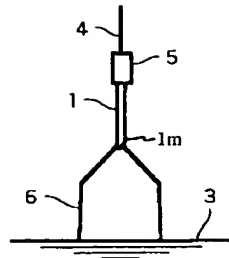
1 e : 切り欠き部

【図4】

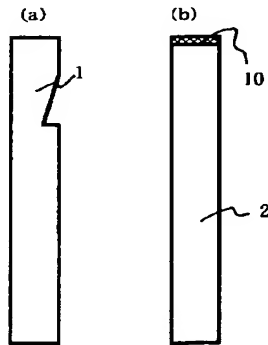


2 f, 2 g : 角穴

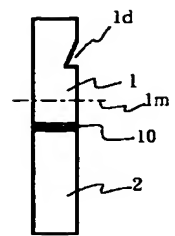
【図8】



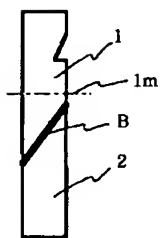
【図15】



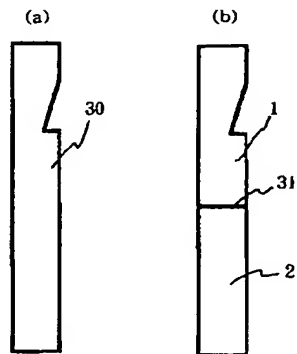
【図10】



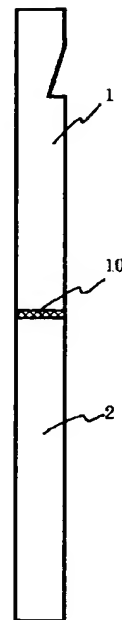
【図11】



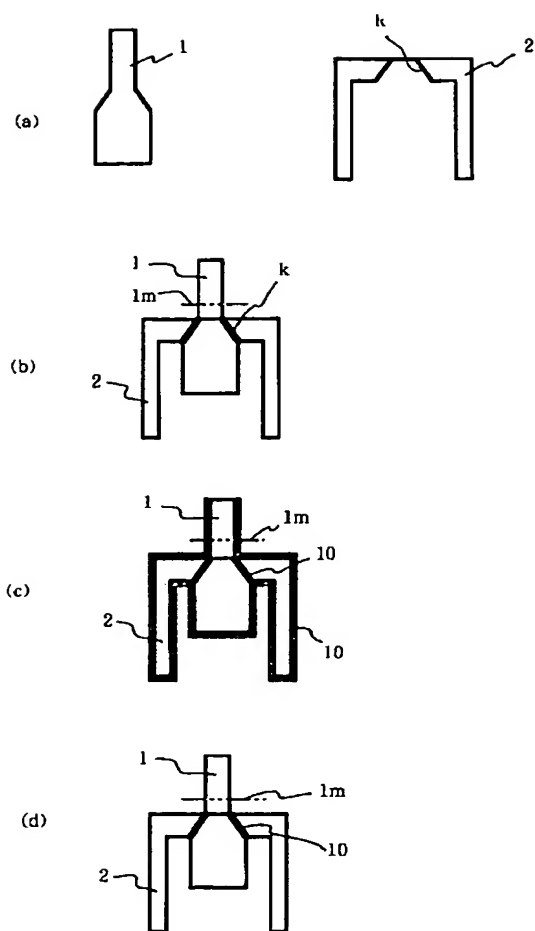
【図14】



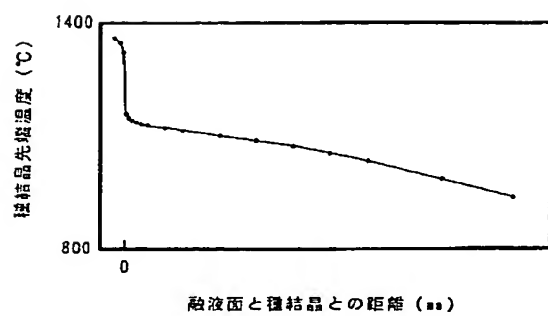
(c)



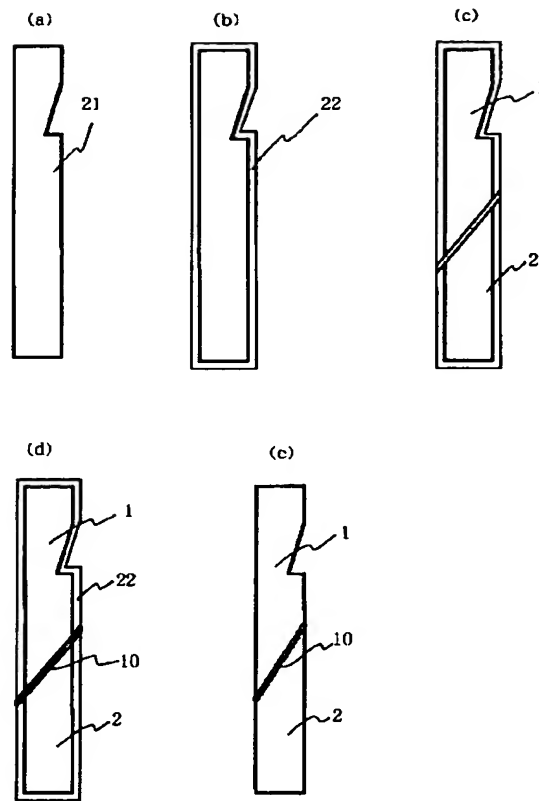
【図5】



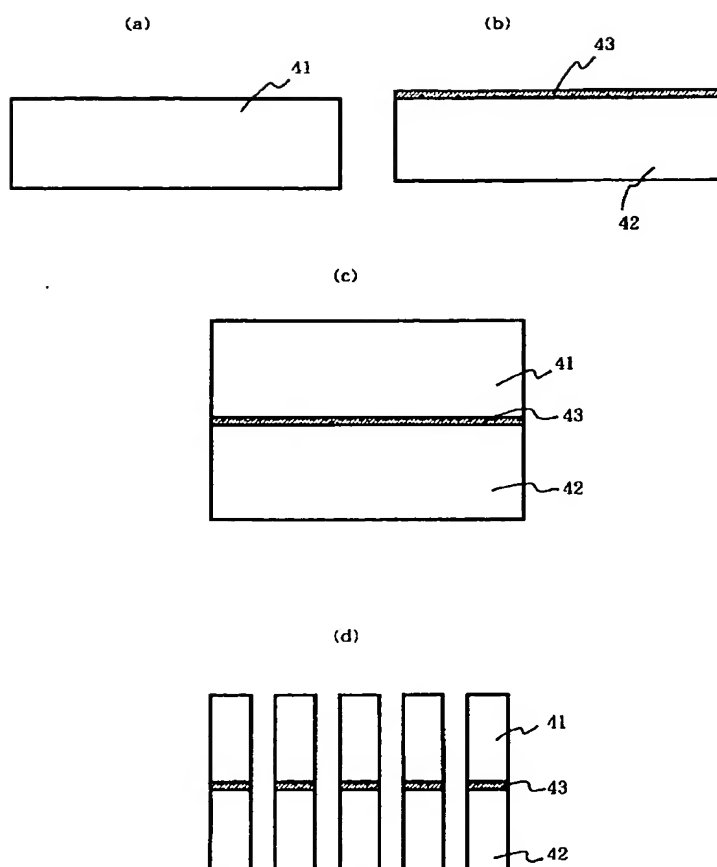
【図18】



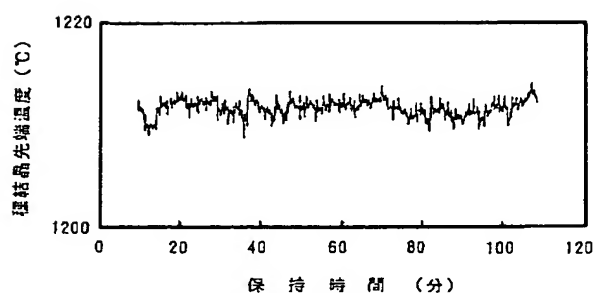
【図 1 3】



【図 1 6】



【図19】



【手続補正書】

【提出日】平成11年5月11日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項44

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項44】前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が円錐形状をなすように形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこの円錐形状に対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする請求項41もしくは42に記載の単結晶製造方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項45

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項45】前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が前記融液の液面に対して傾斜するように形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこの傾斜に対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする請求項41もしくは42に記載の単結晶製造方法。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項46

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 4 6】前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が前記融液の液面に対して平行に形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこれに対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする請求項 41 もしくは 42 に記載の単結晶製造方法。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 4 7

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 4 7】単結晶育成用シード(1) を無転位のまま融液(3) に浸漬した後、結晶径を縮小する縮径工程を介することなく直ちに単結晶(6) の肩部形成工程に移行することを特徴とする請求項 41 に記載の単結晶製造方法。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 4 8

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 4 8】前記単結晶製造用種結晶は断熱部材を介して引き上げ手段に把持せしめられることを特徴とする請求項 41 に記載の単結晶製造方法。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 8

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明に係る単結晶製造用種結晶の第 1 は、単結晶製造用種結晶において、融液の熱を伝導するとともに、融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を有することを特徴とする（請求項 1）。本発明の第 2 では、単結晶育成用シード(1) と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3) に浸漬させて融液(3) の熱を単結晶育成用シード(1) に伝導するブレイアップ用伝熱材(2) とが、前記ブレイアップ用伝熱材から前記単結晶育成用シードに、融液の熱を伝導するとともに、融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して接合されていることを特徴とする（請求項 2）。本発明の第 3 では、請求項 1 または 2 に記載の単結晶製造用種結晶において、ブレイアップ用伝熱材は、前記単結晶

育成用シードの成長開始位置よりも下方に、不整合部を介して接合されていることを特徴とする（請求項 3）。本発明の第 4 では、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材は、単結晶育成用シードの側部で前記単結晶育成用シードと係合する係合部を有するとともに、所定の間隔を隔てて前記単結晶育成用シードの周りを覆って形成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の先端は、前記単結晶育成用シードの先端より突出するように構成されていることを特徴とする（請求項 4）。本発明の第 5 では、請求項 4 に記載の単結晶製造用種結晶において、前記間隔は、表面張力により、融液が浸透しない程度に十分に大きいことを特徴とする（請求項 5）。本発明の第 6 では、請求項 5 に記載の単結晶製造用種結晶において、前記単結晶育成用シードは大径部と、その上方に連設された小径部とを有し、前記ブレイアップ用伝熱材は、前記小径部を挿通し、前記大径部で係止する穴を上面に有する円筒から構成されていることを特徴とする（請求項 6）。本発明の第 7 では、請求項 6 に記載の単結晶製造用種結晶において、前記穴はテーパ状をなしていることを特徴とする（請求項 7）。本発明の第 8 では、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に形成されており、あり継ぎ接合の接合面を形成していることを特徴とする（請求項 8）。本発明の第 9 では、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に位置し、融液面に対して平行となるように形成されたことを特徴とする（請求項 9）。本発明の第 10 では、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に位置し、融液面に対して傾斜した面を形成することを特徴とする（請求項 10）。本発明の第 11 では、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、前記単結晶育成用シードの下端に位置し、円錐状側面を形成することを特徴とする（請求項 11）。本発明の第 12 では、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の単結晶製造用種結晶において前記単結晶育成用シードは、シリコンであることを特徴とする（請求項 12）。本発明の第 13 では、請求項 12 に記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイアップ用伝熱材は、シリコンであり、不整合部を構成する酸化シリコン膜、窒化シリコン膜および多結晶シリコン膜のいずれかを介して単結晶育成用シードに接続されていることを特徴とする（請求項 13）。本発明の第 14 では、請求項 13 に記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、ブレイアップ用伝熱材と、単結晶育成用シードとを接触した後、この接触部の酸化によって形成された酸化シリコン膜であることを特徴とする（請求項 14）。本発明の第 15 では、請求項 13 に記載の単結晶製造用種結晶において、前記シ

リコンは高純度シリコンであることを特徴とする（請求項15）。本発明の第16では、請求項15に記載の単結晶製造用種結晶において、前記高純度シリコンは単結晶シリコンであることを特徴とする（請求項16）。本発明の第17では、請求項15に記載の単結晶製造用種結晶において、前記高純度シリコンは多結晶シリコンであることを特徴とする（請求項17）。本発明の第18では、請求項12記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイク用伝熱材はシリコンであり、前記不整合部は、シリコン同士の接合面であることを特徴とする（請求項18）。本発明の第19では、請求項18記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイク用伝熱材は高純度シリコンであることを特徴とする（請求項19）。本発明の第20では、請求項19記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイク用伝熱材は単結晶シリコンであることを特徴とする（請求項20）。本発明の第21では、請求項20記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイク用伝熱材は前記単結晶育成用シードと結晶方位が異なることを特徴とする。本発明の第22では、請求項22記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイク用伝熱材は前記単結晶育成用シードと結晶方位が同一であることを特徴とする（請求項22）。本発明の第23では、請求項19記載の単結晶製造用種結晶において、前記ブレイク用伝熱材は多結晶シリコンであることを特徴とする（請求項23）。本発明の第24では、請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、酸化膜、窒化膜および多結晶膜のいずれかであることを特徴とする（請求項24）。本発明の第25では、請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、単結晶育成用シードとブレイク用伝熱体とが直接接触せしめられた接触面であることを特徴とする（請求項25）。本発明の第26では、請求項1または2記載の単結晶製造用種結晶において、前記不整合部は、イオン注入によって形成された不純物含有領域であることを特徴とする（請求項26）。本発明の第27では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイク用伝熱材(2)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードと前記ブレイク用伝熱材を合わせた状態で接合する接合工程とを含むことを特徴とする。本発明の第28では、請求項27に記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイク用伝熱材(2)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードと前記ブレイク用伝熱材を合わせた状態で酸素雰囲気中で加熱し、接合する接合工程とを含むことを特徴とする（請求項28）。本発明の第29では、請求項28記

載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記接合工程は、前記単結晶育成用シードと前記ブレイク用伝熱材を合わせた状態で酸素雰囲気中で加熱したのち、表面をエッチングすることにより、表面に露呈する酸化膜を除去する工程とを含むことを特徴とする（請求項29）。本発明の第30では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶を用意する工程と、前記単結晶を分断する工程と、前記分断された表面同志を合わせて状態で酸素雰囲気中で加熱し、接合する接合工程とを含むことを特徴とする（請求項30）。本発明の第31では、請求項30記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記分断する工程に先立ち、前記単結晶表面に酸化防止膜を形成する工程を含み、前記接合工程の後、表面の前記酸化防止膜を選択的に除去する工程を含むようにしたことを特徴とする（請求項31）。本発明の第32では、請求項31記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記酸化防止膜は窒化シリコンであることを特徴とする（請求項32）。

本発明の第33では、請求項31記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記酸化防止膜はレジストであることを特徴とする（請求項33）。本発明の第34では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイク用伝熱材(2)を用意する工程と、前記ブレイク用伝熱材または前記単結晶育成用シードの少なくとも一方の端面に酸化膜を形成する工程と、前記酸化膜を介して前記ブレイク用伝熱材に、前記単結晶育成用シードを接合する接合工程とを含むことを特徴とする（請求項34）。本発明の第35では、請求項34記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記接合工程は加熱状態で実施されることを特徴とする（請求項35）。本発明の第36では、請求項34記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、さらに前記接合後、前記単結晶育成用シード表面をエッチングする工程を含むことを特徴とする（請求項36）。本発明の第37では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶育成用シード(1)を用意する工程と、前記単結晶育成用シードよりも先に融液(3)に浸漬させて融液(3)の熱を単結晶育成用シード(1)に伝導するためのブレイク用伝熱材(2)を用意する工程と、前記ブレイク用伝熱材または前記単結晶育成用シードの少なくとも一方の端面に多結晶膜を形成する工程と、前記多結晶膜を介して前記ブレイク用伝熱材に、前記単結晶育成用シードを接合する接合工程とを含むことを特徴とする。本発明の第38では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶シリコンからなる第1のプレートを用意する工程と、単結晶シリコンからなり、少なくとも接合面に酸化シリコン膜を有する第2のプレートを用意する工程と、前記第1および第2のプレートを前記酸

化シリコン膜を介して重ねあわせた状態で加熱することにより接合し接合プレートを形成する工程と、前記接合プレートを接合面に垂直な面で、前記所望の大きさに切断することによりシードを形成する工程とを含むことを特徴とする（請求項38）。本発明の第39では、請求項38記載の単結晶製造用種結晶の製造方法において、前記切断工程の後、前記シードの前記第1のプレート側表面をエッチングする工程を含むことを特徴とする（請求項39）。本発明の第40では、単結晶製造用種結晶の製造方法において、単結晶を用意する工程と、前記単結晶の所定の位置を横断するように不純物イオンをイオン注入し、不純物領域からなる不整合部を形成する工程とを含むことを特徴とする（請求項40）。本発明の第41では、溶融された原料融液表面に結晶成長の起点となる単結晶製造用種結晶を浸漬して、これを引き上げることにより単結晶を成長させる単結晶の製造方法において、先端から所定の位置に、融液の熱を伝導すると共に融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断するように構成された不整合部を有する単結晶製造用種結晶の前記先端を前記融液に着液させる工程と、着液後更に前記不整合部より上方に位置するまで融液中への前記単結晶製造用種結晶の浸漬を続行する工程と、前記融液面が前記不整合部上方に到達した後、前記単結晶成長用種結晶を引き上げるにより単結晶を成長させる成長工程とを含むことを特徴とする（請求項41）。本発明の第42では、請求項41に記載の単結晶製造方法において、前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、ブレイアップ用伝熱材(2)の溶解終了に先立ち、単結晶育成用シード(1)を融液(3)に浸漬させることを特徴とする（請求項42）。本発明の第43では、請求項41または42に記載の単結晶製造方法において、ブレイアップ用伝熱材は、単結晶育成用シードの側部で前記単結晶育成用シードと係合する係合部を有するとともに、所定の間隔を隔てて前記単結晶育成用シードの周りを覆う筒状体で構成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の先端は、前記単結晶育成用シードの先端より突出するように構成されており、前記ブレイアップ用伝熱材の融液面上部分と融液面とで形成される予熱空間によって、前記単結晶育成用シードの先端部を囲み、前記単結晶育成用シードの先端部を予熱する工程を含むことを特徴とする（請求項43）。本発明の第44では、請求項41もしくは*

*は42に記載の単結晶製造方法において、前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が円錐形状をなすように形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこの円錐形状に対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする（請求項44）。本発明の第45では、請求項41もしくは42に記載の単結晶製造方法において、前記単結晶製造用種結晶は、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が前記融液の液面に対して傾斜するように形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこの傾斜に対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする（請求項45）。本発明の第46では、前記単結晶製造用種結晶は、請求項41もしくは42に記載の単結晶製造方法において、単結晶育成用シードと単結晶育成用シードの浸漬に先立ち融液に浸漬されるブレイアップ用伝熱材とからなり、前記単結晶育成用シードは下端部が前記融液の液面に対して平行に形成され、前記ブレイアップ用伝熱材は上端部がこれに対応する形状を有し、融液の熱を伝導するとともに融液浸漬時の熱応力による転位の伝播を遮断する不整合部を介して両者が密着せしめられており、前記融液の液面が前記不整合部よりも上にくるまで前記単結晶製造用種結晶を下降せしめる工程を含むことを特徴とする（請求項46）。本発明の第47では、請求項41に記載の単結晶製造方法において、単結晶育成用シード(1)を無転位のまま融液(3)に浸漬した後、結晶径を縮小する縮径工程を介することなく直ちに単結晶(6)の肩部形成工程に移行することとを特徴とする（請求項47）。本発明の第48では、請求項41に記載の単結晶製造方法において、前記単結晶製造用種結晶は断熱部材を介して引き上げ手段に把持せしめられることを特徴とする（請求項48）。

フロントページの続き

(72)発明者 尾上 修治
神奈川県平塚市四之宮2612 コマツ電子金
属株式会社内

(72)発明者 貞松 剛
神奈川県平塚市四之宮2612 コマツ電子金
属株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.